

**Fundamentals of Electrical Engineerings**

**WEEK 13 - ELECTRICAL CIRCUITS OF A THREE-PHASE SYSTEM. A  
THREE-PHASE SYSTEM. SYNCHRONOUS GENERATOR.**

**Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi**

**Lecturer**

**(Saidjon Ismoilov)**

**ЗАНЧИРҶОИ ЭЛЕКТРИКИИ СИСТЕМАИ СЕФАЗА. СИСТЕМАИ  
ҚЭҲ-И СЕФАЗА. ГЕНЕРАТОРИ СИНХРОНИ**

## **Мундариҷаи лексия:**

1. Бартариҳои занҷирҳои сефаза;
2. Системаи ҚЭХ – и сефаза;
3. Тарзи кор ва номгузориҳои бандҳои фазаҳои генератори сефаза;
4. Намуди тасвири системаи симметрии ҚЭХ;
5. Мафҳуми пурраи фаза;
6. Адабиёт.

### **Бартариҳои занҷирҳои сефаза**

1. Ба фарқ аз занҷирҳои электрикии якфаза, мавҷуд будани майдони магнитии даврзананда, ки дар асоси он муҳарриқҳои асинхронӣ ва синхронӣ сохта шудаанд;

2. Ҳангоми интиқоли энергияи электрикӣ ба ягон масофа занҷирҳои электрикии нисбат ба якфаза ноқилҳои камтар истифода мешаванд, ки аз ҷиҳати иқтисодӣ муфид аст. Инчунин интиқоли энергия барои интиқол дар масофаи дароз бо системаи сефаза нисбат ба шумораи дигари фазаҳо (системаҳои бисёрфаза) хубтар аст;

3. Имконияти гирифтани ду шиддати номиналӣ вуҷуд дорад;

4. Элементҳои системаи сефаза (генератори синхронии сефаза, муҳарриқи сефазаи асинхронӣ, трансформатори сефаза ва ҳоказо) конструксияи (сохти) содда дошта, аз ҷаҳати иқтисодӣ муфид ва ҳангоми кор эътимодиятнок мебошанд;

5. Ҳангоми якхела будани борҳо дар ҳаммаи фазаҳо генератори синхронӣ, дар системаҳои сефаза хосияти тағйирнаёфтани қиммати лаҳзавии иқтидор дар ҳар даври чараёни синусоидалӣ вуҷуд дорад.

Дар системаҳои электроэнергетикӣ занҷирҳои бисёрфаза, ба монанди шаш ва ё дувоздафаза – дар таҷҳизоти росткунакҳои қуввагӣ, дуфаза – дар автоматика истифода бурда мешаванд, аммо аслан аз ҳама бисёртар системаҳои сефаза васеъ истифода бурда мешаванд.

Элементҳои асосии занҷирҳои сефаза генератор (истеҳсолкунандаи энергияи электрикӣ), трансформатор (табдилдиҳандаи энергияи электрикӣ),

хати интиқоли барқ (элементи интиқолдиҳандаи энергияи электрикӣ), қабулкунакҳои электрикӣ (истеъмолкунандагони энергияи электрикӣ) ва ғайраҳо мебошанд.

### **Системаи ҚЭХ – и сефаза**

*Системаи сефазаи ҚЭХ – и симметрии* гуфта, маҷмӯи се ҚЭХ – ҳои синусоидалӣ, ки амплитуда ва басомади якхела дошта, аз тарафи як манбаъ истеҳсол мешаванд ва векторҳои онҳо дар ҳамвории комплексӣ аз ҳамдигар таҳти кунҷи  $120^\circ$  фарқ мекунанд, меноманд. Графикҳои қиматҳои лаҳзавии онҳо дар расми 13.1а ва диаграммаи векториашон бошад, дар расми 13.1б оварда шудааст. Тарзи ҳосил намудани системаи ҚЭХ – ҳо бошад, дар расми 13.2а нишон дода шудааст.

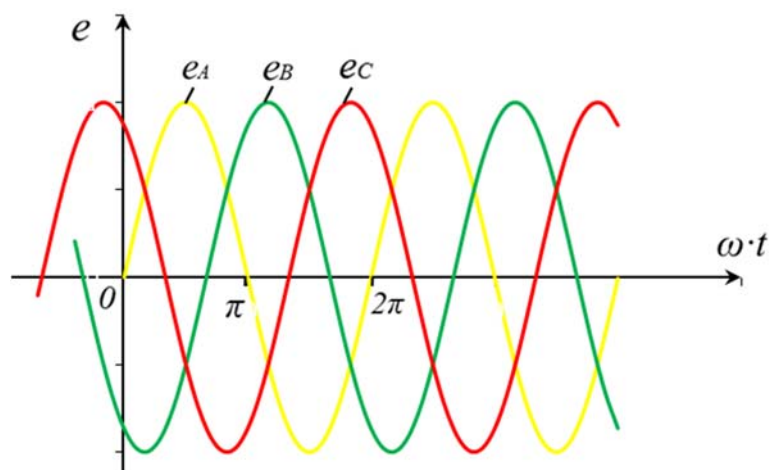
Дар техника фазаҳои барои осон намудани кор дар шакли зард – сабз - сурх нишонагузори менамоянд (расми 13.1а ва б), яъне фазаи А – ро бо ранги зард, В – ро бо сабз ва С – ро бо сурх нишонагузори менамоянд.

Дар майдони магнитии мунтазам бо суръати кунҷии доимии  $\omega$  се ғалтакҳои индуктивии бо ҳамдигар саҳт маҳкам карда шуда, давр мезананд. Ҳамвории ғалтакҳо дар фазо нисбат ба якдигар таҳти кунҷи  $120^\circ$  ҷой гирифта, ҷои худро иваз менамоянд. Дар ҳар як ғалтакҳо ҚЭХ – и синусоидалии амплитудайи якхела дошта ҷорӣ мешаванд, ки нисбат ба якдигар таҳти кунҷи  $120^\circ$  ҷой гирифтаанд (расми 13.1б).

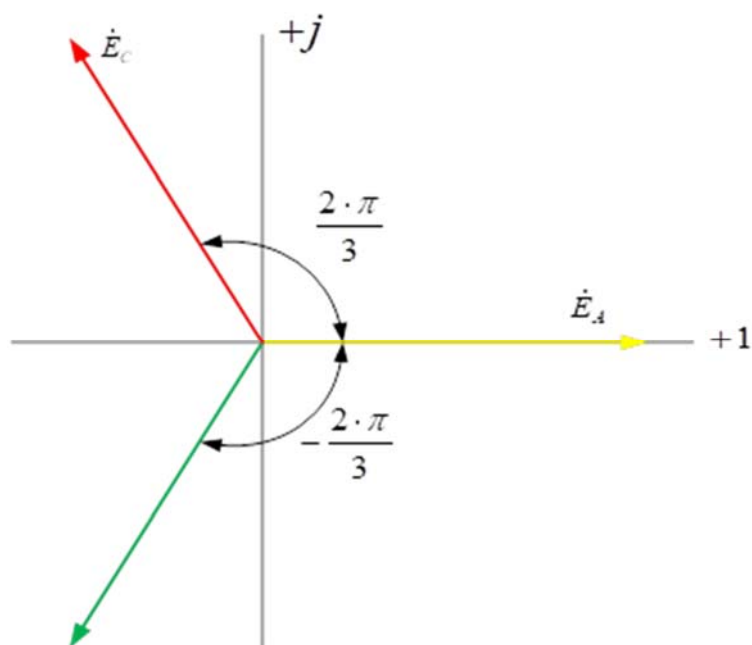
Ба ҳамин роҳ системаҳои ҚЭХ – и дуфаза, ҷорфаза ва бисёрфазаро ҳосил намудан мумкин аст, аммо дар амалия бисёртар системаи сефаза истифода бурда мешавад.

ҚЭХ – ҳои генератори сефаза бо таври зайл ишора карда мешавад: ҚЭХ – и печай якум бо  $\dot{E}_A$ , ҚЭХ – и печай дуюм бо  $\dot{E}_B$  ва ҚЭХ – и печай сеюм бо  $\dot{E}_C$ . ҚЭХ – и печай дуюм ( $\dot{E}_B$ ) аз ҚЭХ – и печай якум ( $\dot{E}_A$ ) таҳти кунҷи  $120^\circ$  ақиб монда, ҚЭХ – и печай сеюм ( $\dot{E}_C$ ) бошад, аз ҚЭХ – и печай якум ( $\dot{E}_A$ ) таҳти кунҷи  $120^\circ$  пеш меистад (расми 13.1б). Пайдарпаии дурусти гузариши

ҚЭҲ – ҳоро ( $A - B - C$ ) аз қиматҳои якхела (масалан, аз нуқтаи нулӣ), пайдарпаии симметрии меноманд.



а)



б)

Расми 13.1 – Осциллограммаи ҚЭҲ-ҳои системаи сефаза (а) ва диаграммаи вектории онҳо (б)

### Тарзи кор ва номгузории бандакҳои фазаҳои генератори сефаза

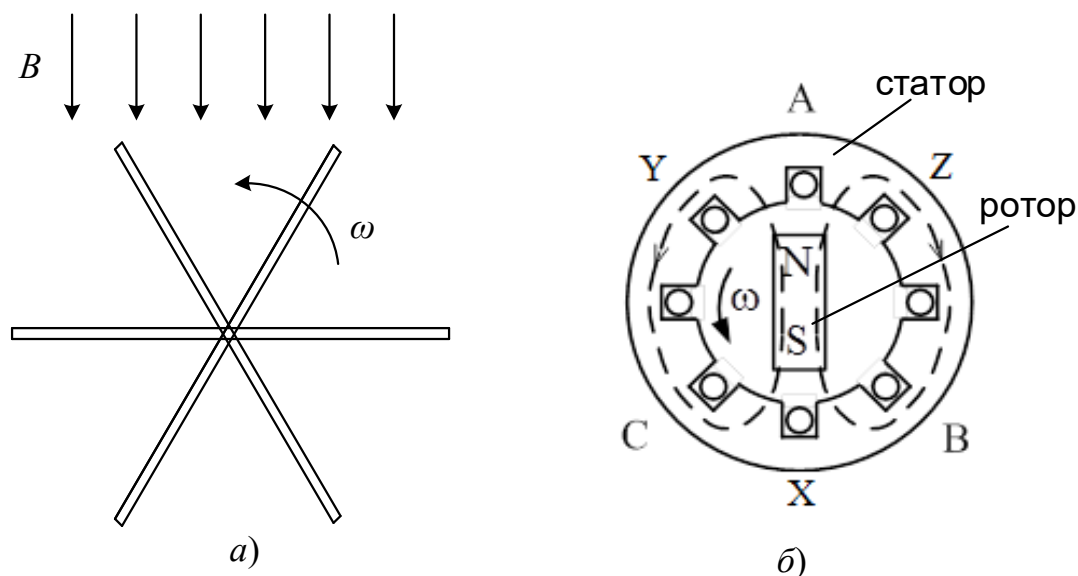
Генератори сефазаи соддатарин аз қисми ҳаракаткунанда – статор ва ҳаракаткунанда – ротор иборат аст.

Статор – ин силиндри холиест, ки бо варақаҳои оҳании электротехникӣ ҷида шудааст. Дар сатҳи дозилии статор комаҳо ҷойгиранд, ки дар онҳо се

печаҳои якхела мавҷуд аст. ин печаҳо нисбат ба якдигар таҳти кунҷи 1200  
ҷойгиранд.

Ротор бошад, электромагнит аст ва дар бадани он печаи ангишидиханда  
набз карда шудааст.

Дар печаи ротор ҷараёни доимӣ пайваस्त карда мешавад, ки он майдони  
магнитии доимӣ ҳосил менамояд. Роторро мачбуран бо ёрии қувваҳои беруна  
(турбина) давр мезанонанд. Майдони магнитии доимии ротор ҳангоми давр  
задан, печаҳои статорро бурида мегузарад, ки дар натиҷа мувофиқи қонуни  
индуксия дар печаҳои статор ҚЭҶ ҷорӣ мешавад. ҚЭҶ – и ҳосилшуда дар  
печаҳои статор қимматҳои якхела дошта, системаи симметрии ташкил  
медиханд.

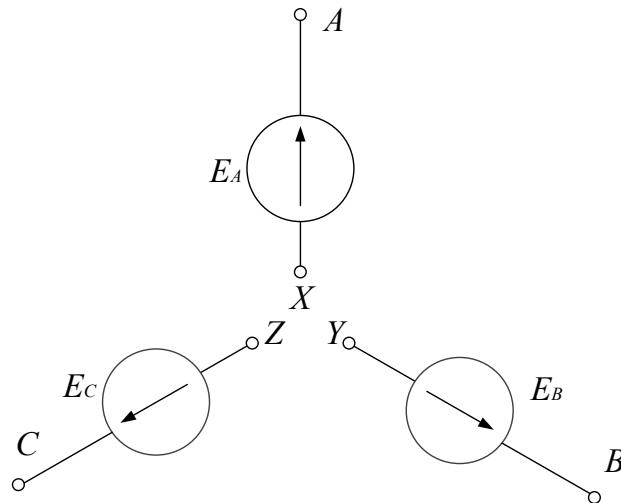


Расми 13.2 – Ҳосил намудани системаи ҚЭҶ – и сефаза (а) ва сохти  
генератори сефаза (б)

Агар шумораи ҷуфти кутбҳои ротор ба як баробар бошад, пас басомади  
кунҷии даврзанандаи ротор бо басомади кунҷии даврзанандаи майдони  
магнитӣ баробар мешавад. Занҷири магнитӣ дар конструксияи генератор  
(расми 13.2 б) қариб сарбаст аст. Танҳо фосилаи хурд байни ротор ва статор  
(сӯрохии ҳавоӣ) вуҷуд дорад. Ин гуна конструксия имконияти гарифтани сели  
магнитии зиёдтаринро ҳангоми нисбатан кам будани қувваи  
магнитоҳаракатдихандаи печаи ротор медиҳад. Ҳангоми сохтани генератор

ҳаракат менамоянд, ки индуксияи магнитӣ ( $B$ ) дар гирди статор синусоидалӣ бошад. Дар расми 13.2 б бо хатҳои канда – канда, хатҳои қувваҳои магнитӣ дар ягон лаҳзаи вақт нишон дода шудааст.

Тасвири шартии фазаҳои статор ва ишораи онҳо дар расми 13.3 оварда шудааст.



Расми 13.3 – Тасвири шартии фазаҳои статори генератори сефаза

Бо ҳарфҳои  $A, B, C$  ибтидои фазаҳои печа ва бо ҳарфҳои  $X, Y, Z$  интиҳои печаи статор ишорат менамоянд.

### Намудҳои тасвири системаи симметрии ҚЭХ

*Тасвири графикӣ.* ҚЭХ – и системаи симметрии гуфта, се ҚЭХ – ҳоеро меноманд, ки қимати якхела дошта, нисбат ба якдигар таҳти кунҷи  $120^\circ$  ҷойгиранд (расми 13.1а). Одатан қабул шудааст, ки фазаи ибтидоии ҚЭХ – и фазаи  $A$  ба сифр баробар аст. Фазаи ибтидоии ҚЭХ – и фазаи  $B$  ба  $-120^\circ$  ва фазаи ибтидоии ҚЭХ – и фазаи  $C$  ба  $120^\circ$  баробар аст. Барои лаҳзаи вақт баробарии зерин дуруст аст:

$$e_A + e_B + e_C = 0 \quad (13.1)$$

*Тасвири тригонометрӣ.* Қимати лаҳзавии ҚЭХ – ро дар намуди функсияи синусоидалӣ низ навиштан мумкин аст:

$$\begin{cases} e_A = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t) \\ e_B = E_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ e_C = E_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t - \frac{4\pi}{3}\right) = E_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{cases} \quad (13.2)$$

*Тасвири векторӣ.* ҚЭХ – и системаи сефазаро дар ҳамвории комплексӣ низ тасвир намудан мумкин аст. Диаграммаи вектории ҚЭХ – и сефаза дар расми 13.1 б оварда шудааст.

*Тасвири комплексӣ.* Ҳангоми тасвири диаграммаи векторӣ дар ҳамвории комплексӣ (расми 13.1б) ҳамаи векторҳоро ба намуди ададҳои комплексӣ навиштан мумкин аст. Қиматҳои комплекси амалкунандаи ҚЭХ – и ҳар як фазаро дар намуди дараҷавӣ чунин навиштан мумкин аст:

$$\begin{cases} E_A = E \cdot e^{j0} = E_m; \\ E_B = E \cdot e^{-j\frac{2\cdot\pi}{3}} = E \cdot e^{j\frac{4\cdot\pi}{3}} = a^2 \cdot E; \\ E_C = E \cdot e^{j\frac{2\cdot\pi}{3}} = E \cdot e^{-j\frac{4\cdot\pi}{3}} = a \cdot E. \end{cases} \quad (13.3)$$

дар ин ҷо,  $a = e^{j\frac{2\cdot\pi}{3}}$  - оператори гардиш ва  $a^2 = e^{j\frac{4\cdot\pi}{3}}$  аст.

Пас, маълум сохтан мумкин аст, ки:

$$1 + a + a^2 = 1 - \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.$$

Аз ин рӯ, барои дилхоҳ лаҳзаи вақт суммаи қиматҳои комплекси ҚЭХ – и ҳар се фаза ба сифр баробар аст:

$$\begin{aligned} E_A + E_B + E_C &= E + E \cdot e^{-j\frac{2\cdot\pi}{3}} + E \cdot e^{j\frac{2\cdot\pi}{3}} = E - \frac{E}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot E - \frac{E}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot E \\ &= 0. \end{aligned}$$

### **Мафҳуми пурраи фаза**

Маҷмӯи системаи ҚЭХ – и сефаза, борҳои сефаза ва ноқилҳои пайвастандари занҷирҳои сефаза меноманд. Чараёнҳое, ки дар қитъаҳои алоҳидаи занҷирҳои сефаза ҷорӣ мешаванд, нисбат ба якдигар аз рӯи фаза фарқдоранд. Зери мафҳуми фаза дар занҷирҳои сефаза, қитъаи занҷири сефазаро мефаҳманд, ки дар он чараёни якхела ҷорӣ мешавад. Дар адабиёт одатан занҷирҳои якфазае, ки дар занҷири бисёрфаза шомил мешаванд, фаза меноманд. Зери мафҳуми фаза инчунин асоси тағйирёбандаи синусоидалии бузургихоро низ фаҳмидан мумкин аст. Ҳамин тариқ, вобаста аз саволи дидашаванда, фаза маънии қитъаи занҷири сефаза ва ё асоси синусоидалии бузургии ченшаванда мебошад.

### **Адабиёт:**

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Воситаи таълимӣ – Москва: Высшая школа, 1996, 529 с.
2. Қўраев Ш.Қ., Исмоилов С.Т. Электротехника (қисми 2). Занҷирҳои электрикии якфаза ва сефазаи ҷараёни синусоидалӣ. Воситаи таълимӣ – Душанбе: ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, 2021, 196 саҳ.
3. Луғати истехсолоти соҳаи энергетика (русӣ-тоҷикӣ). Муаллифон П. Рачабов, Д. Давлатшоев, У.Т. Хоҷаева, М. Каримов. Нашри комбинати полиграфии Вазорати фарҳанги ҚТ. – Душанбе, 2004.
4. Р.А. Ҷалилов, Р.З. Икромов, М.И. Здержикова. «Практикуми лабораторӣ аз фанни асосҳои назариявии электротехника». Қисми 1. Душанбе, Матбааи ДТТ, 2010с.